

880 P283.7
G53

当代 GIS 的若干理论与技术

主 编 龚健雅
副主编 李 斌
编 委 汤 勤 丁跃民 夏福祥
朱 庆 方 涛 朱欣焰
王 伟 庄 严 袁湘儒
黄俊弢

国家杰出青年科学基金资助项目, 编号 49525101

武汉测绘科技大学出版社

(鄂)新登字 14 号

内容提要

该书汇集了多位海内外地理信息学专家在 GIS 理论和技术方面的最新研究成果,内容包括:空间数据模型,部件式地理信息系统与空间分析方法,互联网地理信息系统,面向对象集成化 GIS 与空间数据基础设施建设等。本书内容代表着当代 GIS 高效与合成的发展方向,适用于地理信息系统研究、开发与应用人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

当代 GIS 的若干理论与技术/龚健雅主编. —武汉:
武汉测绘科技大学出版社,1999.3(2000.7 重印)

ISBN 7-81030-691-X

I. 当… II. 龚… III. 地理信息系统-面向对象-数据模型-互联网 IV. P28

责任编辑:金 森 封面设计:曾 兵

武汉测绘科技大学出版社出版发行

(武汉市珞喻路 129 号,邮编 430079)

核工业中南三〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:245 千字

1999 年 3 月第 1 版 2000 年 7 月第 3 次印刷

印数:2001—4000 册 定价:25.00 元

前 言

当代计算机科学技术的发展使地理信息系统的应用伸向各个领域,而对地理信息系统的理论与技术提出了新的研究课题和挑战。本书是在国家杰出青年科学基金“面向对象集成化 GIS 数据模型”研究项目的资助下,汇集作者与海内外学者多年来在当代 GIS 理论与技术方面的若干研究成果编写而成。

纵观近几年 GIS 理论与技术的最新进展,主要表现在以下几个方面:

一、多维空间数据模型的研究

数据模型是地理信息系统的基础,它不仅决定了系统数据管理的有效性,而且是系统灵活性的关键。二维的矢量空间数据模型,虽然还没有公认为“高效”数据模型,但二维的 GIS 系统毕竟运行了几十年,所供 GIS 软件各具特色,基本上都能满足二维 GIS 的要求。但是,三维、时态维和四维 GIS 的数据模型的研究和运用情况则不同,不仅多维数据模型的研究还是一个重要热点,研究论文层出不穷,而且,目前还没有一个应用广泛的商品化系统可以管理真三维、时态维和四维空间数据。本书的作者运用面向对象的思想对多维空间数据模型进行了系统深入的研究。有关的研究成果有些已集成到我国自主知识产权的面向对象地理信息系统 GeoStar 软件之中,二维规范化空间数据模型已成为我国空间数据交换格式标准的参考模型。这些关于多维空间数据模型的研究成果也算百家之一,其目的是推动 GIS 多维空间数据模型的研究,并力图使该研究成果向实用化方面转化。

二、控件式 GIS 和 Internet GIS

当代 GIS 两个最热门也是最重要的发展方向是控件式 GIS 和基于因特网的 GIS。为了及时掌握这些方面的最新发展动向和最新技术,1997 年初,在国家自然科学基金委等单位的资助下,武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室与中国海外地理信息系统协会在武汉联合举办了“GIS 软件工程高级研讨会”,特别邀请了五位海外学者前来讲授控件技术、Internet GIS 技术、高级空间分析方法等方面的课程。此次研讨会,有力地推动了我国控件式 GIS 和 Internet GIS 技术的发展,大大缩短了与国外的

差距。时隔两年,武汉测绘科技大学就推出了功能强设计起点高的控件 GIS 和 Internet GIS。国内其他 GIS 软件开发单位也推出了相应的系统。这是海内外学者共同合作的结晶。本书收集了几位海外学者的讲稿以及武汉测绘科技大学在控件 GIS 和 Internet GIS 方面的部分研究成果,以飨读者。

三、面向对象集成化地理信息系统

面向对象集成化 GIS 软件无疑是 GIS 发展的一个主要方面,武汉测绘科技大学在国家自然科学基金委、国家科技部和国家测绘局的联合支持下,投入上百人年,研制开发出新一代面向对象地理信息系统基础软件——吉奥之星(GeoStar)。该软件的最大特点是采用面向对象技术高效管理 GIS 中的图形数据、属性数据、影像数据和 DEM 数据,可以做到图形数据库、属性数据库、影像数据库和 DEM 数据库的高度集成。本书对 GeoStar 的设计思想和空间数据库的集成技术作了概略介绍。

四、空间数据基础设施建设

1998 年下半年,有关数字地球的炒作到了白热化。说明数字地球是将来整个地理信息系统发展的主要方向。然而数字地球的基础是空间数据基础设施。空间数据基础设施建设包括空间数据服务体系、空间数据交换网站、数字地球空间数据框架和空间数据的标准体系的建立。本书收集了作者对我国地球空间数据框架和我国地球空间数据交换格式的部分研究成果,并附录了美国国家数字地球空间数据框架(网络)的建立的主要研究内容,以及我国地球空间数据交换格式标准,意在推动我国空间数据基础设施建设。

GIS 发展非常之快,现在的研究成果也许几年后就过时了,甚至进入误区。但是学科的发展总是长江后浪推前浪,不断发展与进步的。作者愿与读者一起共同努力,促进我国地理信息系统的发展。

龚健雅

1999 年 3 月

第 1 章 规范化空间对象模型与实现技术

1 空间数据标准与面向对象技术

当前地理信息系统领域所遇到的一个大的问题是各种 GIS 之间的空间数据格式不兼容,致使空间数据难以共享。为此许多国家和行业制定了自己的空间数据交换标准,将各种 GIS 软件采集的数据,通过中间的交换格式达到数据共享的目的。

随着人们对空间信息科学的理解和 GIS 应用的广泛深入,人们对地理空间的抽象对象及相互关系有了趋于一致的认识,实际上各个国家及有关行业制定的空间数据交换标准在实质上,即在概念上和逻辑模型层次上相差不大。当前大多数空间数据标准和 GIS 软件的内部数据格式建立在拓扑数据模型的基础之上。

由美国计算机图形与空间分析实验室(Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis)研制的矢量数据结构 PLOYVRT,是一种以弧段为基础的拓扑数据结构,它是当今各种空间数据结构的基本骨架(毋河海, 1989)。

这种数据结构的基本元素是“弧段”或者称“链段”。弧段在两端有结点,并伴有共享该弧段的左、右多边形的码,弧段可以由任意多个点构成。此外,在 POLYVRT 中还为每个多边形建立了一个环绕边界的弧段目录表,以及为点建立一个点所关联的弧段目录表,并在弧段的关系表中,将点所关联的弧段和组成多边形的边界弧段用串行指针连接起来,这样,在这种数据结构中不仅存贮了空间目标的几何信息,而且还存贮了各种元素(多边形、弧段和点)之间的拓扑关系。

图 1-1 所示的是 POLYVRT 的拓扑关系,表 1-1 至表 1-3 是多边形、弧段和结点的数据结构。

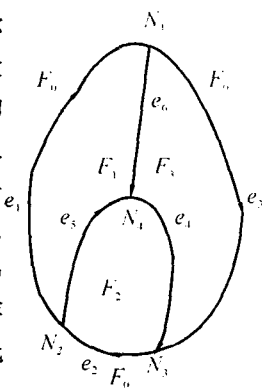


图 1-1

表 1-1 结点集合

结点名	指 针		坐 标
	第一个离开弧段	第一个到达弧段	
N_1	e_3	e_1	x_1, y_1
N_2	e_1	e_2	x_2, y_2
N_3	e_2	e_3	x_3, y_3
N_4	e_4	e_5	x_4, y_4

表 1-2 面域集合

面域名	指 针		专题信息
	顺时针方向第一弧段	逆时针方向第一弧段	
F_0	...	e_1	t_0
F_1	e_1	e_5	t_1
F_2	e_2	...	t_2
F_3	e_3	e_4	t_3

表 1-3 弧段集合

弧段名	始结点	终结点	离开始结点的下一条弧段	到达终结点的下一条弧段	右面域	左面域	右面域顺时针方向下一条弧段	左面域逆时针方向下一条弧段	坐标串
e_1	N_2	N_1	e_5	...	F_1	F_0	e_5	e_2	S_1
e_2	N_3	N_2	...	...	F_2	F_0	e_4	e_3	S_2
e_3	N_1	N_3	e_6	e_4	F_3	F_0	...	...	S_3
e_4	N_4	N_3	...	...	F_2	F_3	e_5	e_6	S_4
e_5	N_2	N_4	e_5	e_6	F_2	F_1	...	...	S_5
e_6	N_1	N_4	...	...	F_1	F_3	...	...	S_6

从以上图表可以看出,当代的许多地理信息系统如 ARC/INFO, System9, Genamap 等都采用与此类似的数据结构。只不过在表 1-1 至表 1-2 中,用串行指针解决结点与弧段、多边形与弧段的一对多的关系。

美国人口统计局的 TIGER 文件,是一拓扑数据结构典范,它采取与 POLYVRT 类似的结构,并且对于结点关联的弧段和多边形包含的弧段的一对多关系亦采用串行指针,这样就可以保证文件的记录是定长的。

美国联邦空间数据委员会 1992 年颁布了美国空间数据交换标准(Spatial Data Transfer Standard, SDTS)。这一标准经过了长达十年的研究起草工作,是迄今为止的一个比较完善的空间数据交换标准。现在不仅作为美国的国家标准为美国联邦各部门所采用,而且为其它一些国家引用和参考。如澳大利亚的空间数据交换标准 ASDTS,就是一个基于美国 SDTS 的空间数据交换标准。SDTS 包括矢量数据模型、栅格数据模型、数据描述信息等内容。其中矢量数据模型,采用面向对象的思想,对空间对象作了详尽的描述,共 26 类,合并后归纳为 6 类。它们是复杂地物(Complex)、多边形(Polygon)、环(Ring)、线(Line)、弧(ARC)、点-结点(Point - node)。这里的线相当于前面所描述的弧段,弧是指圆弧、B 样条等光滑的数学线段。这里增加了环这一新的空间对象,主要是为了描述带岛屿的复杂多边形。SDTS 增加了复杂地物这一新的地物类型,主要是为了处理多个简单地物聚集的现象。这也是目前新推出的几个面向对象地理信息系统新增加的地

物类型。

SDTS 的矢量数据模型与前述的 POLYVRT 和 TIGER 等空间数据模型有较大的变化,但是它的基本特征仍然相似。它仍然以弧段(线)为基本结构,描述多边形、线、结点之间的集聚关系和反向的关联关系。SDTS 与 POLYVRT 和 TIGER 之间在拓扑关系描述方面的差别在于两点:一是 SDTS 不再采用串行指针而直接采用变长记录处理一对多的关系,二是增加了结点至多边形的反向指针。SDTS 的矢量数据模型如图 1-2 所示。

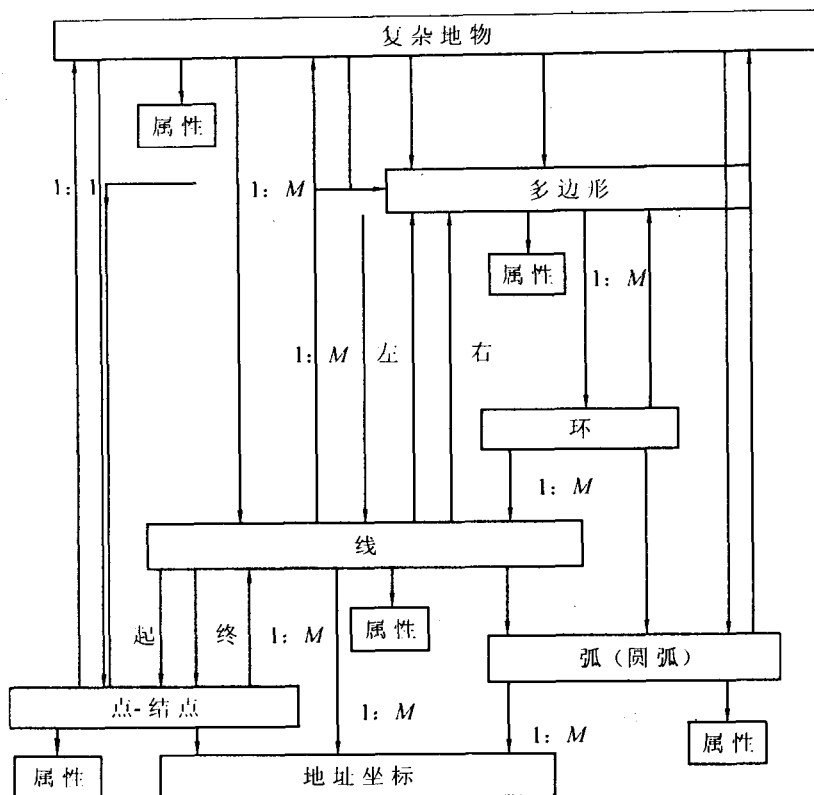


图 1-2 SDTS 的矢量数据模型

从以上几个数据模型及空间数据标准可以看出,各模型之间表达的空间对象及关系的内容基本一致。但是各个系统采用的数据结构则相差很大,POLYVRT 和 TIGER 采用串行指针表达结点关联的弧段和多边形包含的弧段等一对多的关系,而 SDTS 和许多面向对象的系统则直接采用变长记录处理这一对多的关系。所以,各系统之间的空间数据不能直接调用,而只能通过数据交换做到数据共享。

最近美国 GIS 工业界正在讨论建立开放性地理数据交互使用规范 (Open Geodata Interoperability Specification)。它的特点是利用面向对象技术,建立空间对象模型,应用分布式的环境,制定统一的 API 函数,甚至共享分布式空间对象数据库 (Bueher, 1995)。这一研究正在进行之中。

我国迄今还未建立一个空间数据交换标准,然而我国正在组织攻关,发展我国自己的 GIS 软件产品,这是一个建立我国空间数据共享机制的极好机会。我们可以跳过空间数据交换格式这一层次,直接采用类似于 Open GIS,共享空间数据模型和空间数据库管理系统的最新方法。为此,本文将根据作者多年来对面向对象技术、空间数据结构、空间数据模型的研究,根据面向对象 GIS 软件 GeoStar 的开发经验,以及最近对各种空间数据标准的系统研究,提出一套具有我国特色,并将与国际标准接轨的规范化的空间对象的模型,并讨论它的实现方式。

2 空间对象及其定义

与地理空间位置或特征相关联的对象称为空间对象。这里所定义的空间对象是各种空间地物的抽象表达,如:点、线、面、复杂地物,为了便于空间数据的组织和表达,空间对象还包括结点、弧段等几何元素。

空间对象有如下几种类型:

(1) 纯几何类型。例如一个独立点,一条等高线,只有几何位置,没有对象之间的关联关系。

(2) 几何拓扑关系。既有几何位置,又有拓扑关系,如结点、公共弧段。

(3) 纯拓扑类型。仅有拓扑关联关系,通常用于定义空间分析操作。

(4) 空间地物。有属性特征,或者说有确定的地物意义,有对应的地物编码和属性描述记录,如油井,房子,公园等。

(5) 非地物类型。没有确定的地物意义,只是为了便于空间数据的表达和组织方便设置的中间对象,如一个纯粹的结点或多边形的公共弧段。

前三种由几何概念区分,后两种由属性概念区分。它们之间有概念的交叉,以此划分主要是为了下面的叙述方便。

2.1 零维对象

(1) 独立点状地物。它是纯几何类型,但是一个空间地物,有对应的属性编码和属性表。

(2) 纯结点。它是几何拓扑元素,不是一种地物类型。这种结点只是用来表达与弧段的关联关系和几何位置。

(3)结点地物。它既是几何拓扑类型,又是空间地物,如电力线之间的结点往往是一个配电站。

(4)注记参考点。用作注记位置的参考,可将它放入注记的数据结构中。

(5)多边形标识点。它是多边形的辅助信息,可放在多边形的数据结构中。

以上(1)、(2)、(3)三类空间对象有许多相似性,又有交叉的概念联系,所以在设计数据结构时,把它们作为一类对象处理,称为结点——点状类型,并用特征描述码将它们区分为不同的对象。

2.2 一维对象

(1)拓扑弧段。它是几何拓扑类型。弧段没有分支,有起结点和终结点。它可能是线状地物的一部分,也可能仅是面状地物的边界,并且甚至可以既是面状地物的边界,同时又是一个或多个线状地物的一部分或全部。弧段本身一般没有地物意义,但是如果一条弧段本身就是一个线状地物,那么它可以直接赋以地物的编码,连接到属性表。

(2)无拓扑弧段。它是一种纯几何地物,有些系统称为面条地物(Spaghetti)。例如等高线,一般不需要考虑它的起始点、终结点、左多边形和右多边形。它比前面所述的拓扑弧段要简单得多。但就形状上说,无拓扑弧段也有光滑与不光滑之分。

拓扑弧段与无拓扑弧段可合并成一类,共用一个数据结构,并用特征码进行区分。

(3)线状地物。一个线状地物可以由一条或若干条弧段组成。线状地物允许有分支和交叉,以使它扩展到处处理河流流域和交通等问题。线状地物必须有属性编码,并连接到属性表。

2.3 二维对象

面状地物。它由周边弧段组成,有属性编码和属性表。它可以嵌套岛屿,也可由多个多边形组成。

2.4 复杂对象

(1)无边界复杂地物。由若干地物组成的对象称为复杂地物。如果复杂地物中没有明显的封闭边界将分子对象包含起来,则称为无边界的复杂地物。复杂地物可以包含多个同类或不同类的简单地物(点、线、面),也可以再嵌套复杂地物。复杂地物有自己的编码和属性,它们不同于所包含的分子地物。

(2)有边界的复杂地物。复杂地物的分子目标由边界确定,其边界由弧段组成。例如土地管理信息系统中的宗地,可以作为一个复杂地物。它本身作为一个整体带有属性描述信息,但里面包含的简单地物,如某一建筑物又有自身的属性描述信息。

两种复杂地物可以共享一个整体数据结构,当指向边界弧段的指针为空时,表示无边界的复杂地物。

3 规范化空间对象模型

空间信息系统两个最重要的特征是拓扑关系和复杂对象,而拓扑关系和复杂对象的表达要求层次结构和对象嵌套,并且经常涉及到一对多的关系。例如一个面状地物是由多条弧段构成的。这种一对多的对象嵌套关系显然不能用关系数据模型直接表达,因为它不能满足关系模型的基本范式要求。虽然也可以通过变换转换成多对一的关系,用关系联接的方法实现对象的聚集,但用关系方法处理空间数据的效率是不高的。因而,目前大部分商用 GIS 软件都将空间数据直接用文件方式管理。

最近几年出现的面向对象技术为解决这一问题带来了希望。面向对象数据模型可以直接表达层次结构和一对多的对象嵌套关系。它不仅支持变长记录,而且支持对象的集合,是空间信息系统的理想模型。

面向对象数据模型有四个最基本的概念,它们是:

【分类】同类对象的集合,具有相同特征的对象组合在一起形成类。每个对象是该类中的一个实例。

【概括】将若干种类中某些具有公共特征的部分抽象出来形成一种更一般的超类。

【联合】将同一类对象中若干个对象组织起来,设立一个更高水平的对象,例如由若干个乡镇组成一个县。

【聚集】聚集有点类似于联合,它是将不同特征的对象组合成一个更高水平的对象。如房屋由门、窗、墙、屋顶等组成。

以上四个语义概念可以用来构造空间对象模型。在前面我们已经定义了 17 类空间对象,适当合并以后,抽象出结点——点状地物、弧段、线、面和复杂地物五种空间对象。每一种空间对象是面向对象中的一个类。可以用概括、联合、聚集的概念表达这些类之间的关系。

除以上五类空间对象之外,一个地理信息系统还涉及到制图。它需要有制图的辅助对象,如注记、符号、颜色等类型描述参数,用于输出和显示专题层等等。

为了便于组织和管理,对空间数据库设立工程和工作区,工程包含了某个 GIS 工程需要处理的空间对象,工作区则是在某一个范围之内,对某几种类别的地物,或某几个专题的地物进行操作的区域。

同时为便于表达,我们再设立一个数据结构——位置坐标(Location)。它与类不同,类中的对象必须有对象标识,在二维 GIS 中它是两个浮点数,在三维 GIS 中是三个浮点数。

这样我们可以构造出图 1-3 所示的空间对象模型。

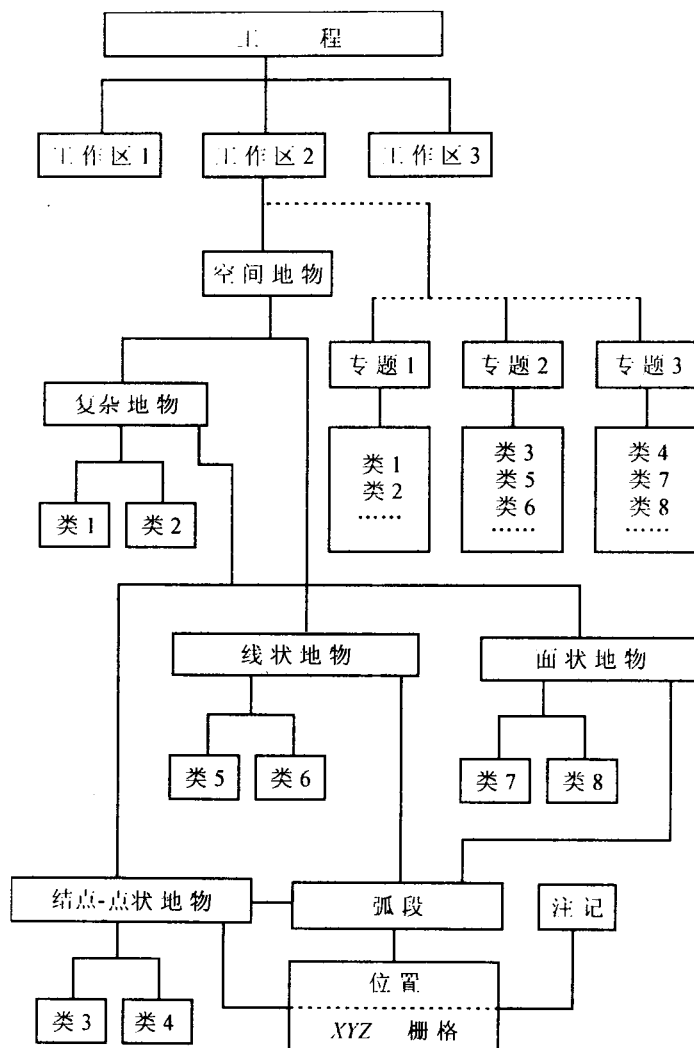


图 1-3 规模化空间对象模型

4 空间对象模型的实现方法

根据定义的空间对象的逻辑模型,这一规范化空间数据模型可以有两种方法实现空间数据共享或空间数据交换。

(1)相互操作空间数据的共享方式

上述空间数据模型作为公认的规范化空间数据模型(准标准)。以此为基础设计空间数据的类库函数。空间数据的类即是上面所列的表,每个类所包含的数据成员,即是表中所列的数据项。为了使软件之间能够相互操纵对方的空间数据,在类库中设计一套标准的空间数据操纵函数(API),根据共同制定的 API 函数,提供一套动态链接库给其它厂商,在软件安装时,附带这一动态链接库,即可直接操纵对方的空间数据,达到数据共享的目的。

(2)空间数据交换

根据上述的空间数据模型,讨论制定一套空间数据交换的物理格式,类似于美国的 STDS。例如,采用 ASC II 码格式。每个软件设计一套读写这一空间数据交换标准格式的程序,亦可间接地实现空间数据共享的目的。这一方法相对简单,但它需要经过两次转换才能使用对方软件生产的数据,花费大量时间,而且无法建立真正的数据共享与网络通讯机制。

5 结束语

数据共享是建立信息系统的基本原则。数据共享除了制定适应的政策、规范与机制外,在技术上制定数据共享的标准,则是一项重要的任务。空间数据比起其它领域的的数据更具有复杂性和多样性,制定一个各方都能接受的空间数据共享标准与方法有一定的难度。但这一工作必须向前推动。好在几十年来人们对地理空间的抽象对象及相互关系有了趋于一致的认识。本文分析了几种空间数据结构与标准,提出了一个基于拓扑的面向对象的规范化空间数据模型,并讨论了它的实现技术,起一个抛砖引玉的作用,希望我国 GIS 领域尽早制定自己的空间数据共享模型标准与方法。(姜健雅,武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室)

参考文献

- 1 毋河海. 地图数据组织与地图数据库. 北京: 测绘出版社, 1989
- 2 SDTS. 1992 Spatial Data Transfer Standard. USA, 1992
- 3 Chance A, Newell R, Thezrault D. An Object - oriented GIS: Issues and solutions. In: Proceedings European Geographical Information System (EGIS) Annual conference, 1990. 179 ~ 188
- 4 Egenhofer M J, Rrank F A. Object - oriented databse requirements for GIS. In: Proceedings of the International GIS Symposium, The Research Agenda, 1987(2): 189 ~ 221
- 5 Gong Jianya, Li Deren. Object - oriented models for thematic data management in a GIS. Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying, 1992(56): 37 ~ 48
- 6 Gong Jianya, Li Deren. An object - oriented model based on the unified data structure. Washington D. C. Archives of 17th ISPRS, 1992. 772 ~ 779
- 7 Worboys M F. A generic model for planar geographical object, IJGIS, 1992 (6): 353 ~ 372
- 8 Michael Worboys F. Object - oriented approaches to geo - referenced information. IJGIS, 1994, 8(4): 385 ~ 399

第2章 矢量与栅格集成的三维数据模型

当前的地理信息系统一般只能处理地球表面的信息,通常是将带有地形起伏的椭球表面投影在二维平面上,有些GIS软件,还采用建立数字高程模型的方法来处理和表达地形的起伏。但涉及到地底下真三维的自然和人工现象则显得无能为力。地理信息系统在地质矿山、水文、大气等方面的应用已面临着严峻的挑战,许多地理、地质学家以及计算机专家和软件公司都在寻找解决的方案。

研制一个信息系统软件首先需要解决的问题是寻找一种合适的数据结构和数据模型,GIS也不例外。人们为了推出三维地理信息系统,对三维空间数据结构和数据模型进行了大量的研究工作。人们最初的研究是集中在栅格或者说体元方面(Goodchild,1990)。模仿二维栅格的方法,将一个三维物体按照一定的规则划分成一些体积相等的体元。每个体元是一个三维坐标的变量,不同的体元所含的元素成份不同或元素的含量不同,如铁矿体的含铁量不同。考虑到邻近的体元,常出现元素含量相同的情况,为了减少存贮容量,模仿二维平面的四叉树方法,发展了一种与之相似的八叉树方法。这种数据结构存在两个明显的缺点:其一,它的位置表达精度太低,即使它能表达矿体,也无法精确表达矿体或岩层的界面,以及开采矿山的各种巷道和矿井;其二,它无法表达实体之间的关系,对于一些重金属或贵金属矿山,矿体小而又比较复杂,而且通常矿脉与断层密切联系,这些都是纯体元方法无法表达的问题。对于错综复杂、千丝万缕的各种巷道和矿井,这种结构更显得无能为力。

因而人们又开始重视三维的矢量数据模型的研究(Molenaar,1990,1992)。扩充二维矢量数据结构,将点、线、面要素扩展到体。体由面组成,面由线构成,线性元素通过矢量坐标表达。除了表达各种元素的空间位置以外,还表达它们之间的拓扑关系。Molenaar教授提出的三维矢量数据模型,对表达比较规则的实体有实用价值,但对于一些特殊的三维现象,如矿井、巷道则无法表达。另外,这种方法把一个三维实体假设成均值,实际上,绝大多数矿体都不是均值的。所以,前述的将三维矿体划分成栅格体元的方法还是必需的。这样,一个功能比较完善的三维空间信息系统,采用矢量与栅格结合的数据结构是适宜的。

三维空间信息系统比二维 GIS 要复杂得多,这不只是增加一个三维坐标和将点、线、面扩展到体的问题。三维现象比二维现象要复杂得多,在数字表达时,三维对象比二维对象多而复杂,致使目前许多涉及到三维 GIS 的工作进展缓慢,甚至美国最近发布的空间数据交换标准(SDTS,1992),都将三维的问题搁置下来。虽然最近有几个系统在三维数据处理和三维目标显示方面表现出比较好的能力,但对三维的数据结构和数据模型远没有达成共识。这一问题已成为三维空间信息系统的瓶颈问题。

这篇文章首先对三维空间现象进行剖析,然后在第三部分抽象、归纳各种空间现象,整理出几种能够用数字表达的空间对象;在第四部分,作者根据三维空间对象设计了一个面向对象的数据模型以及各类对象的逻辑数据结构;最后在第五部分得出一些结论和今后需要开展的工作。

1 三维空间现象及其表达

首先澄清以下几个概念问题:

a. 现象 它是指现实世界或者经过科学加工处理(如摄影或遥感)的自然或人工现象。例如,一栋大楼、一个县、一条巷道、一个岩层的界面,都可以看作是现象。

b. 对象 它是现象的数值化表达。一个现象可能直接用一个对象表达,也可能分成几个对象表达。例如,一条巷道通常由若干个横断面表达。在地理信息系统中,通常将空间对象进行有条理的划分和组织,使之比较容易地在计算机世界表达各种现象。

1.1 地表现象

我们多数人接触到和熟悉的三维空间现象主要是地表的各种人工和自然地物。我们日常见到的是房子、道路、河流、草地、水田、旱地、菜地、公园等等。这些现象在二维 GIS 中研究得比较透彻,通常把它们归结为点、线、面空间对象进行逻辑表达。余下的几个需要重新考虑的现象是,一栋大楼有许多层,各层的用途和形状布局等不尽相同,当前在二维 GIS 中,只是把它投影在二维平面上,用一个面状地物来表达它的平面形状。在一个真三维的 GIS 中,需要将表达扩展到三维空间。另外,我们在表达许多起伏地形表面的地物时,作了许多近似假设,例如,一条在崎岖山间的道路,它的长度并不等于它在二维面上的长度;一块斜坡上的小麦地,它的实际面积也大于它的投影面积。这些现象需要在一个三维的地理信息系统中才能解决。

1.2 地质现象

地质现象极为复杂。GIS 涉及到的最主要的现象是地层、断裂、矿体和矿床。地质学家根据地壳运动、火山喷发和海洋沉积等,将地表层分成不同的地层。地层通常是一个不规则的曲面,它不能用数学表达式表达。在三维 GIS 中,也可以采用与数字高程模型类似的方法表示地层的界面。断裂与地层比较接近,但是,它通常有一定的宽度,另一方面它也往往垂直或斜交于地形表面。在 GIS 中,如果采用 DTM 的方法处理,需要考虑它的投影平面和投影角度。矿体是一个三维实体,但是往往极不规则,无法确定它由多少个面组成。一种近似表达的方法是模仿 DTM 的方法,表达它的上顶的数字表面模型和下底的数字表面模型,再考虑它的投影平面和投影的边界。矿体的另一个显著特征是,矿体各部位矿物质的含量是不相同的,甚至所含元素的个数都不相同。例如,一个铁矿体,它可能还含有金、银、铜、硫等矿物质,各部位的含量不尽相同,甚至相差很大,矿体的边缘部分比中间部位含量要低得多。实际上许多矿体的边界是人为圈定的,它是一个模糊的概念,只是某种或某几种矿物质达到一定的指标,才把它圈定在矿体范围内。所以矿体物质的不均匀性很大。地质统计学的克里格法在处理该问题时是将矿体划分成一定大小的矿块,内插估计出每一块中各种矿物质的品位。这一概念与 GIS 中栅格体元表达的思想一致。可以将克里格估算的结果存贮到栅格体元中,若考虑数据压缩可以采用八叉树方法。一个矿床可能包含若干个矿体,矿床可能有断层等地质现象,所以矿床是多种地质现象的复合现象,可以用复杂地物的方式进行表达。

地下水文与地质现象类似,可以采用相似的方法进行分析表达。

1.3 矿山现象

一个开采的矿山实际上可能包含以上所述各种地质现象。除此之外,它还包含了各种矿山开采时的人工现象,如斜井、竖井、水平巷道、采空区、通风井、矿车铁道、电力与通信线路、安全与休息工作区,还有探槽、钻井等许多矿山勘探与开采的人工设施。这些现象是真三维的,并且它的位置是精确的,栅格的表达显然满足不了精度要求,它们必须用矢量方法表达。但是按照二维 GIS 的思路发展,甚至按 Molenaar 的三维数据模型,许多现象都无法表达。例如,把一个水平巷道作为一个空心的体对象,它又极不规则(图 2-1),它既不是长方体,也不是圆柱体,甚至四周都极不规则,它不是一个数学表面,也不宜用 DTM 的方式表达。它的位置精度要求很高,特别是水平底板的精度要求非常高。如何表达这种现象,需要引入新的空间对象。按照矿山测量的思路,引入断面对象和似柱体对象,来专门处理这种三维空间现象。

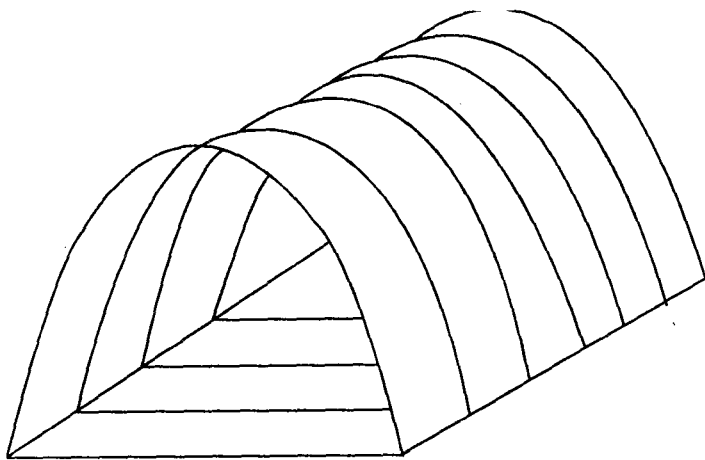


图 2-1 矿山巷道

2 空间对象及其定义

在第 1 章中,作者较详细地阐述了零维、一维对象及二维对象中的面状地物。

这里进一步定义三维对象以及三维对象所涉及的二维对象。

2.1 二维对象

(1)面状地物。面状地物的概念与二维 GIS 的多边形概念相似,它由周边弧段组成,有属性编码和属性表。它与平面多边形的一个显著区别是必须考虑到地形的起伏,即这里所述的面状地物是一个曲面,这种曲面可能是不规则的,所以需要将它联接到数字表面模型上。在三维 GIS 中,面状地物的另一个显著特点是它不仅可以表示地面上的地物,还可以表达地表下面的地层和断层等现象。

(2)面元素。它没有地物意义,不联接到属性表,只是一个三维物体的一个表面,这种表面通常也是不规则的,亦用数字表面模型表达。这种元素的另一个特点是表面模型的投影面并不一定是水平面($X-Y$ 平面),而有可能是其它平面。

以上两种对象都是由边界和数字表面模型组成的,所以在处理方式上亦可以将它们设计成同一数据结构。当不带地物编码时,表明它仅是一个三维物体的表面;当它指向数字表面模型的指针为空时表示一个平面。